

6. Українські університети підготували перших фахівців із просторового планування в Україні
URL: <https://decentralization.gov.ua/news/16826>;

7. Планування розвитку територіальних громад. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / Г. Васильченко, І. Парасюк, Н. Єременко / Асоціація міст України. К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. 256 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ГЕОДЕЗІЇ

*Малащук Оксана, декан факультету геодезії, землеустрою та агроінженерії
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна
Abdelghafour ZAHID, NCM Professional Company: Vestas*

При вирішенні багатьох геодезичних задач приходиться стикатись з аналізом просторової структури складних природних систем. Методи, які при цьому сьогодні застосовуються здебільшого базуються на наближеному представленні природних структур геометричними об'єктами: точками, лініями, колами, площинами тощо. Основним недоліком таких методів є те, що вони характеризують структуру на одному чи кількох масштабних рівнях, не дозволяючи отримувати масштабно-інваріантний опис природних структур. Тобто, всі ці методи не враховують однієї з найважливіших якостей систем – цілісності, що виражається в принциповому незведенні властивостей системи до суми властивостей її елементів, і не виведення з останніх властивостей системи.

Вирішити дану проблему можна за допомогою фрактального підходу, що вже використовується при описі просторової структури великої кількості природних систем починаючи з кінця 80-х – початку 90-х рр. ХХ століття. Передумовою цього стала фундаментальна робота Б. Мандельброта «Фрактальна геометрія природи» [3], в якій по суті вперше висловлено ідею про можливість дослідження структури таких складних природних систем, як берегова лінія морів та океанів, річкові системи, гірські системи методами фрактального аналізу. Тобто, фрактальна геометрія вивчає закономірності, що виявляються в будові природних об'єктів, процесів і явищ, що мають виражену фрагментацію, зламаність і кривизну. Вони створюють нову геометрію, в якій простір не ціліснорічний, а дробовий, або фрактальний.

У 1975 році французький вчений Бенуа Мандельброт зробив революцію в геометрії, ввівши поняття фракталу (від латинського fractus – «дробний») для позначення нерегулярних, але самоподібних фігур, якими він займався. Його власне визначення фрактала як основи його дослідження таке: «Ключовою властивістю фракталів є самоподібність, що полягає в прояві однієї і тієї ж загальної фігури на будь-якому масштабі» [1]. Фрактали – це нескінченно складні структури, самоподібні в різних масштабах. Вони створюються шляхом багаторазового повторення простого процесу в безперервному циклі. Іншими словами, скільки б ви не збільшили масштаб реального фрактала, ви все одно побачите в ньому повторення того ж малюнка, який є формою самого об'єкта.

Фрактали мають багато спільного з природними об'єктами. Але фрактал відрізняється від природного об'єкта тим, що має строге математичне визначення і піддається суворому опису та аналізу. Для математиків фрактали – це об'єкти з дробовою (фрактальною) розмірністю. Для фізиків – це об'єкти, які характеризуються самоподібністю в широкому інтервалі масштабів (всі ці фігури подібні будь-якому своєму фрагменту).

При різних способах фрактального аналізу використовують фрактальні міри, якими покривають досліджуваний об'єкт. Фрактальними мірами можуть бути лінійні відрізки,

квадрати, куби чи інші геометричні фігури. Тип фрактальної міри визначається особливостями методики та досліджуваного об'єкту. Фрактальний аналіз завжди включає кілька етапів, на яких проводиться ітераційна (повторна та однотипна) зміна розміру фрактальної міри; найчастіше це подвоєння або поділ навпіл кожного лінійного розміру фрактальної міри (наприклад, подвоєння або поділ навпіл довжини фрактального лінійного відрізка або кожної зі сторін фрактального квадрату чи куба). Однотипну повторну математичну дію (у даному випадку зміну розміру міри, наприклад, поділ або подвоєння) називають *ітерацією* [1-3].

Для кількісного опису фракталів достатньо однієї величини – фрактальної розмірності або параметра, що описує збереженість статистичних характеристик при зміні масштабу. Фрактальна розмірність (фрактальний індекс – D) є мірою складності просторової конфігурації та ступеня заповнення простору певним геометричним об'єктом. Фрактальна розмірність, як правило, є невід'ємним нецілим числом, яке показує деяким чином геометричну складність об'єкту. На кожному з етапів фрактального аналізу проводиться підрахунок мінімальної кількості фрактальних мір, що дозволяють повністю покрити (перекрити, вмістити) досліджуваний об'єкт (N). Ще одним показником, необхідним для розрахунку фрактальної розмірності, є коефіцієнт масштабування (scaling factor, S або $1/S$). Цей показник характеризує масштаб, на якому на різних ітераціях визначається показник кількості N .

Існує не один підхід для розрахунку фрактальної розмірності, але всі вони так чи інакше опираються на розмірність Хаусдорфа, яка розраховується за формулою (1):

$$D = - \lim_{S \rightarrow 0} \left(\frac{\ln N}{\ln(1/S)} \right) \quad (1)$$

Нижче наведено визначення розміру фрактала на прикладі чотирьох ламаних ліній (рис.1)

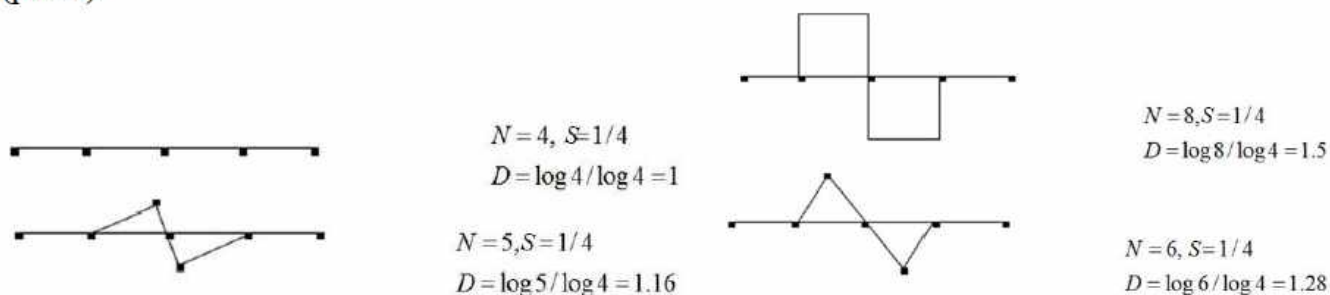


Рис. 1. Визначення розміру фрактала на прикладі чотирьох ламаних ліній

Практично розмір фрактала для кривої оцінюється шляхом вимірювання довжин кривої при різних розмірах кроку.

Розмірність фрактала D може бути оцінена за допомогою наступного рівняння регресії:

$$\log L = C + B \log G; \quad D = 1 - B \quad (2)$$

де L – довжина кривої, B – нахил регресії, G – величина кроку, C – константа.

Тобто, фрактальна розмірність дорівнює коефіцієнту нахилу прямої регресії відносно осі абсцис [4].

Фрактали бувають різних видів: геометричні, алгебраїчні, стохастичні, концептуальні (соціокультурні, непросторові і т.д.). Розглядаючи фрактальну геометрію з точки зору її застосування в геодезії, нас більше цікавлять геометричні фрактали. Геометричні види

фракталів є найбільш наочними і простими в будові. Прикладом є: Трикутник Серпінського, Сніжинка Коха, Н-фрактал, Т-фрактал, Дракон, Крива Леві, Дерево Піфагора (рис. 2) [6].

Розрізняють різні способи фрактального аналізу, які мають принципові відмінності між собою. Способи фрактального аналізу мають подібний принцип та включають підрахунок показника кількості (N) (найчастіше – кількості фрактальних мір, що покривають досліджувану структуру на зображенні) та коефіцієнту масштабування (S або $1/S$) або аналогів цих величин. В таблиці при вирішуванні різноманітних геодезичних задач (табл. 1).

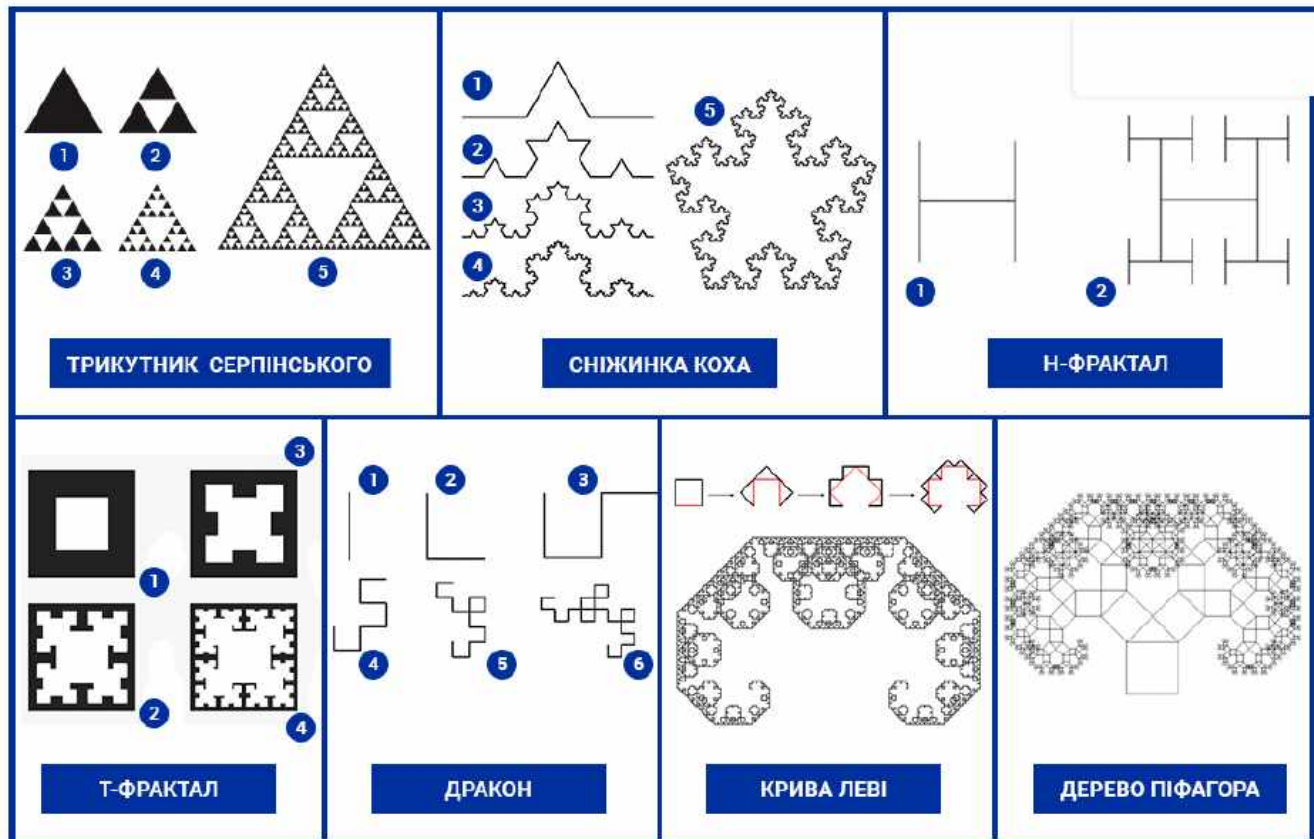


Рис. 2. Приклади геометричних фракталів [6].

Таблиця 1

Аналіз способів фрактального аналізу

№	Спосіб	Суть способу	Дані для розрахунку	
			Показник кількості (N)	Коефіцієнт масштабування (S або $1/S$)
1	2	3	4	5
1	Спосіб <i>caliper</i> (спосіб Річардсона)	Фрактальна міра – лінійний відрізок. Лінійний об'єкт (н-д, зовнішній лінійний контур певної структури або лінійну структуру) покривають прямими – лінійними відрізками, що мають певну фіксовану довжину. На етапах фрактального аналізу довжину відрізків ітеративно зменшують удвічі та підраховують мінімальну кількість відрізків відповідної довжини, що можуть бути розміщені на контурі (N).	Кількість лінійних відрізків	Довжина лінійного відрізка – S
2	Спосіб підрахунку квадратів (<i>box counting method</i> , спосіб заповнення комірок) <u>Двовимірний варіант</u>	Фрактальна міра – квадрат фрактальної сітки. На зображення накладається фрактальна сітка, що ділить зображення на квадрати певного розміру. Розмір обох сторін квадратів ітеративно зменшують удвічі та після кожної ітерації підраховують N – кількість квадратів, що містять фрагменти досліджуваного об'єкту (структури).	Кількість квадратів двовимірної фрактальної сітки	Box size (відносний розмір квадрата – $1/S$)
	Тривимірний варіант	Фрактальна міра – куб. Тривимірний варіант способу підрахунку квадратів передбачає поділ тривимірного зображення на тривимірні куби. Підраховується N – кількість кубів, у які потрапляють фрагменти досліджуваної структури. Розмір комірки (box size) ітеративно змінюють.	Кількість кубів тривимірної фрактальної сітки	Box size (відносний розмір куба – $1/S$)
3	Спосіб <i>Grid intercept</i>	Фрактальна міра – абсолютний розмір пікселя. Використовують кілька зображень однієї структури, що відрізняються роздільною здатністю та підраховують кількість квадратів або пікселів, що захоплюють фрагменти досліджуваної структури (N)	Кількість пікселів	Абсолютний розмір пікселя – S

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
4	Спосіб дилатації пікселів (pixel dilatation method)	Фрактальна міра – діаметр круга або розмір розширеного пікселя. Дослідження окреслених або скелетонованих зображень, товщина ліній яких становить 1 піксель. Кожен піксель лінійного контуру або лінійного скелету поетапно заміщується кругами (або пікселями) зростаючого розміру, унаслідок чого контур розширюється. На кожній ітерації (для кожної ширини контуру) визначається площа, покрита контуром, та розраховується довжина контуру як відношення площі контуру до його ширини (діаметру круга або розміру дилатованого пікселя).	Довжина контуру Або Кількість пікселів	Розмір дилатованого пікселя – S Або Роздільна здатність зображення – $1/S$
5	Визначення розмірності Гаусдорфа (Hausdorff Dimension, аналіз метричної ємності)	Фрактальна міра – радіус кола або сфери. Накладання на зображення кіл або сфер різного розміру. Підраховується мінімальна кількість таких фігур, що можуть повністю покрити досліджуваній об'єкт. Фрактальна розмірність розраховується на основі кількості геометричних фігур, що повністю покривають досліджуваній об'єкт (N).	Кількість кіл або сфер	Радіус кола або сфери – S
6.	Спосіб «маса-радіус» (mass fractal)	Фрактальна міра – радіус кола. Передбачає накладання на зображення кіл із різним радіусом, після чого всередині кола визначається «маса» структури: площа або кількість пікселів, кількість фрагментів, молекул чи інших кількісних характеристик, що відповідають досліджуваному об'єкту.	«Маса» структури усередині кола – площа, кількість фрагментів, молекул тощо	Радіус кола – $1/S$

Примітка: Таблиця складена за матеріалами [5].

На основі досліджень, можна зробити такі висновки.

Методи фрактального аналізу, які на сьогодні все більше використовуються в різних галузях науки, можна активно впроваджувати в геодезії. Фрактальний аналіз є інформативним та об'єктивним способом математичного аналізу, що може якісно доповнити існуючі методи геодезії та дозволить проводити комплексне кількісне оцінювання просторової структури складних природних систем, зокрема:

1. Планета Земля в цілому є фракталом, так як не має ідеальної форми у вигляді еліпсоїда, а є геоїдом, фрактальну розмірність якого ще потрібно визначити. Фрактальна розмірність геоїда може бути індикатором кривизни Землі та бути корисною для побудови глобальної геодезичної мережі, вирішення низки важливих завдань вищої геодезії, наприклад, уточнення фундаментальних геодезичних констант, вивчення гравітаційного поля Землі, визначення рухів полюсів Землі, встановлення єдиної системи геоцентричних просторових прямокутних або геодезичних координат для всієї Землі і т.д.

2. Застосування фрактальних уявлень і формалізмів можна використовувати при коректуванні даних планових геодезичних мереж, а саме метод триангуляції, який подібний методу побудови кривих Коха, Пеано, Гільберта і трикутника Серпінського та інших геометричних фракталів.

3. При побудові геоінформаційних систем, моделюванні процесів і явищ планетарного масштабу, фрактальні уявлення дають можливість будувати динамічні та реалістичні 3D-моделі. Мандельброт відзначає властивість фракталів, які полягають в тому, що побудова реалістичних моделей природних процесів і явищ не вимагають великої кількості комп'ютерної пам'яті, так як вони будуються на основі математичних формул рекурсивним

методом, який має важливе значення при побудові геоінформаційних систем.

Бібліографічний список

1. Mandelbrot BB. Les Objets fractals: forme, hasard et dimension. Paris: Flammarion; 1975. 214p.
2. Mandelbrot BB. Fractals – form, chance and dimension. San Francisco: W.H. Freeman and Company; 1977. 365 p.
3. Mandelbrot BB. The fractal geometry of nature. San Francisco: W.H. Freeman and Company; 1982. 470 p.
4. Mandelbrot, Benoit, B. Fractals and chaos: the Mandelbrot set and beyond. *Springer*. 2004. 308p.
5. Мар'єнко Н.І., Степаненко О.Ю. Фрактальний аналіз зображень у медицині та морфології: базові принципи та основні методики. *Морфологія*. Дніпро, 2021. Том 15. № 3. С.196-206.
6. Що таке фрактали? Світ навколо нас. Частина 1. *Міжнародний портал АЛЛАТРА Вісті*. URL: <https://allatravesti.com/ua/chto-takoe-fraktaly-mir-vokrug-nas-chast-1>.

ПРОСТОРОВИЙ РОЗВИТОК ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД: ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Безрук Дар'я, студентка 3 курсу спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Прокопенко Н.І. старший викладач

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Сучасна Україна знаходиться в середовищі місцевих і регіональних демократій. Сьогодні фактичне впровадження реформ триває. Територіальна організація влади на основі децентралізації, метою якої є принципова зміна принципів управління соціальним розвитком, і є передумови вирішення суспільно-політичних і соціальних питань, економічних проблем країни.

Територіальна конкурентоспроможність базується на ефективному плануванні на принципах субсидіарності, самофінансування та самоокупності та є ефективним методом управління розвитком території та є засобом стимулювання та створення нових цінностей та довгострокові пріоритети.

Розвиток національної економіки та проблеми, що з цього випливають, перед Україною стоїть непросте завдання застосування цієї концепції просторового розвитку і тенденції розвитку в сучасних реалістичних умовах. Міжнародна спільнота, статус і роль України в Європейському Союзі та світі, тому і з'являється потреба визначити й узагальнити сутність поняття та підкреслити ті можливості, які можна реалізувати в українських умовах.

Всебічний, сталий і гармонійний розвиток території потрібно планувати стратегічно, це в свою чергу забезпечить оптимальне використання унікальних територіальних переваг з обмеженими ресурсами.

Інструмент для створення діалогу між приватним сектором та бізнесом цивілізоване суспільство. регіональний розвиток паралельно об'єктивні процеси, що відбуваються внаслідок географічних факторів, історичні та інші фактори, а також суб'єктивні фактори, які забезпечуються державними нормативно-розпорядчими діями.

Необхідно чітко сформулювати стратегічний підхід до планування регіонального розвитку в контексті децентралізації, а також визначити поняття, які зможуть пояснити його [1].